

Моделирование гидродинамики и теплообмена течения гранулированной среды в кольцевом бункере с n количеством препятствий

Дьяков Егор Андреевич

Гичёва Наталья Ивановна

Томский государственный университет

Шваб Александр Вениаминович, д.ф.-м.н.

diakowegor@mail.ru

В настоящее время в различных отраслях промышленности – химической, фармацевтической, пищевой, сельском хозяйстве, металлургии – широко используются и создаются новые порошковые и гранулированные материалы: минеральные удобрения, пластмассы, модифицирующие добавки, композиты и др. Производство таких сыпучих материалов связано с процессами сушки, смешения, измельчения, дозирования и перевозки. Все эти процессы осуществляются в различных аппаратах порошковой технологии, начиная от простых сепараторов и дозаторов и заканчивая сложными комбинированными установками.

В данной работе представлено численное моделирование гидродинамики и теплообмена течения гранулированной среды в кольцевом бункере с n количеством препятствий, которые также можно называть полками. При постановке задачи используется ряд упрощающих допущений. Будем считать, что хорошо сыпучая гранулированная среда состоит из твердых одинаковых шарообразных частиц, находящихся во взаимном контакте друг с другом, причём объём отдельной частицы мал по сравнению с объёмом сыпучего тела и пористость плотного слоя по объёму практически постоянная. Поэтому такую среду можно считать однородной и несжимаемой.

Течение и теплоперенос среды в бункере могут быть описаны системой уравнений в цилиндрической системе координат для осесимметричного случая, включающей уравнения Навье – Стокса, уравнение неразрывности, уравнение переноса тепла. Численное решение реализовывалось двумя методами в переменных «функция тока – вихрь» и физических переменных «скорость – давление». Для численного решения уравнений использовалась неявная обобщённая схема переменных направлений в «дельта» – форме. Решение проводится на разнесённой сетке с использованием контрольного объёма. Конвективные и диффузионные слагаемые описываются с использованием экспоненциальной схемы.

Существенной особенностью предложенной модели движения гранулированной среды является постановка граничных условий на твердых поверхностях. Обычно на стенках ставятся условия прилипания, но опытные исследования показывают, что при движении гранулированной среды в вертикальном канале скорость на стенках не равна нулю, а существует некоторое проскальзывание среды по стенке. Это явление, по-видимому, можно объяснить преобладанием внутренних напряжений в среде по сравнению с силами трения частиц о твердую поверхность. В данной модели для учета эффекта скольжения среды на стенке принимается, что касательные напряжения на стенке пропорциональны скорости движения среды на ней с точностью до некоторой постоянной β , которую назовем коэффициентом скольжения.

Работоспособность и адекватность предложенной модели решения с граничными условиями скольжения проверялась путём сравнения результатов расчёта с экспериментальными данными для установившегося течения гранулированной среды в вертикальной цилиндрической трубе. Достоверность полученных результатов подтверждается сопоставлением методов между собой и исследованием на сеточную сходимость. На (рис. 1) представлен результат сравнения численных и опытных данных для вертикальной составляющей вектора скорости.

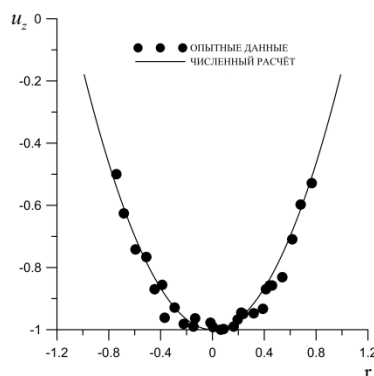


рис. 1. Распределение вертикальной составляющей вектора скорости при $Re = 10$, $\beta = 5$

В данной работе было получено обобщённое решение течения гранулированной среды в кольцевом бункере с n количеством полок. На (рис. 2) представлен подобный профиль течения на произвольном участке.

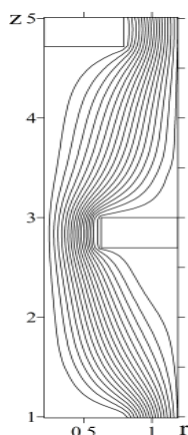


рис. 2. Подобный профиль течения

Проводилось исследование влияния критериев Рейнольдса, Прандтля и безразмерного коэффициента скольжения на распределение полей скорости и температуры. Результаты проведённого исследования могут быть полезны в области сушки и смешения гранулированных сред.

Вскипание перегретой воды при истечении через короткий квадратный канал

Капитунов Олег Александрович

Мажейко Николай Александрович, Бусов Константин Анатольевич

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Решетников Александр Васильевич, д.ф.-м.н.

kapitunov.olezhka@mail.ru

Проведенные исследования показали, что истечение вскипающей жидкости через различные виды каналов, которые отличаются по своей длине и геометрической форме, может привести к самым разным, в некоторых случаях трудно предсказуемым явлениям. Например, при смене механизмов парообразования в струе горячей жидкости происходит существенное изменение характеристик и структур потока. В опытах с коротким цилиндрическим обнаружен кризис (резкое уменьшение) расхода жидкости при реализации в потоке парообразования на центрах гомогенной природы.

В данной работе исследование вскипающей воды происходило при истечении струй из камеры высокого давления через короткий квадратный канал (площадь равна $S = 0.25 \text{ мм}^2$) в атмосферу. Канал крепился к рабочей камере с помощью диффузорного прижимного фланца. Изучение проводилось в широком интервале температур от $T = 130^\circ\text{C}$ до $T = 250^\circ\text{C}$ при изменении давления в камере до $p = 4 \text{ МПа}$ вдоль линии насыщения.

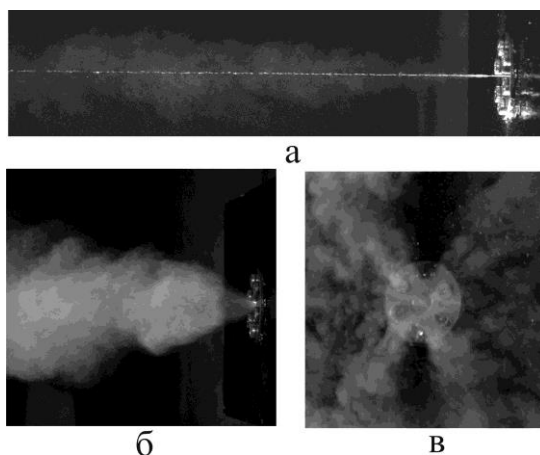


рис.1. Формы струй вскипающей воды при истечении через квадратный канал при различных степенях перегрева: а – малые; б – умеренные; в – высокие перегревы

Опыты показали, что при малых перегревах поток похож на струю не вскипающей жидкости (Рис.1а). С увеличением температуры наблюдается увеличение угла раскрытия струи (рис.1б). При температурах